5П

УДК 004.382

С.А. Поливцев, Е.С. Цыбульник, В.В. Кобыляков
Институт проблем искусственного интеллекта
МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118- б

Оптимизация выбора антенны для беспроводной сенсорной сети диапазона 2,4 ГГц

S.A. Polivtsev, H.S. Thsibulnik, V.V. Kobiliakov
Institute of Artificial Intelligence MES of Ukraine and NAS of Ukraine, c. Donetsk
Ukraine, 83048, c. Donetsk, Artema st., 118-b

Optimisation of a Choice of the Aerial for a Wireless Touch Network of a Range of 2,4 GHz

С.О. Полівцев, Є.С. Цибульнік, В.В. Кобиляков
Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема 118-б

Оптимізація вибору антени для бездротової сенсорної мережі діапазону 2,4 ГГц

В статье рассматриваются практические вопросы выбора типа антенны для беспроводной сенсорной сети диапазона 2,4 ГГц, работающей в стандарте ZigBee (IEEE 802.15.4). Сеть предназначена для съема информации с подвижных объектов (людей) в пределах 2...20 м в помещении. Приводятся результаты экспериментов, проведенных на сети из 5 узлов, каждый из которых содержит трансивер типа CC2520 и ARM микроконтроллер типа STM32F100RC. Качество связи оценивалось по значениям RSSI и целостности полученных/переданных пакетов данных.
Ключевые слова: ZigBee, беспроводная сенсорная сеть, трансивер CC2520.

In article practical questions of a choice of type of the aerial for a wireless touch network of a range of 2,4 GHz, working in standard ZigBee (IEEE 802.15.4) are considered. The network is intended for съема to the information from mobile objects (people) within 2. 20 m indoors. Results of the experiments spent on a network from 5 knots are resulted, each of which contains the transceiver of type CC2520 and ARM the microcontroller of type STM32F100RC. The Communication quality was estimated on values RSSI and integrity of the received/transferred packages of the data.
Key words: ZigBee, wireless network, transceiver CC2520.

У статті розглядаються практичні питання вибору типу антени для безпровідної сенсорної мережі діапазону 2,4 ГГц, працюючою у стандарті ZigBee(IEEE 802.15.4). Мережа призначена для знімання інформації з рухливих об'єктів(людей) в межах 2.20 м у приміщенні. Наводяться результати експериментів, проведених на мережі з 5 вузлів, кожен з яких містить трансивер типу CC2520 і ARM мікроконтроллер типу STM32F100RC. Якість зв'язку оцінювалася по значеннях RSSI і цілісності отриманих/переданих пакетів даних.
Ключові слова: ZigBee, бездротова мережа, трансивер CC2520.

Введение

Существует масса подходов к построению интеллектуальных систем связи, обеспечивающих обмен данными с минимальными потерями информации. Однако построение этих систем должно быть основано на каких-то числовых критериях. Без этих критериев возможно получение систем с бесконечно большой мощностью передачи в антенне или бесконечно большой чувствительностью приемника.

Существует задача съема небольшого потока информации (< 2 Кбайт/сек) с нескольких подвижных объектов (людей) и передача полученной информации на стационарную, неподвижную систему обработки этой информации. Мощность передатчика на объекте ограничена до 5 мВт. Расстояние между объектом и системой обработки находится в пределах 2 – 20 м в помещении или вне его.

Окружающая электромагнитная обстановка – неизвестна. В качестве приемопередатчиков взяты трансиверы типа CC2520 [1] (фирма TI, США), работающие в паре с 32 битным ARM микроконтроллером (МК) типа STM32F100RC [2] (фирма ST, США). На трансиверах типа CC2520 реализована система связи стандарта ZigBee (IEEE 802.15.4) в диапазоне 2,4 ГГц (2394..2507 МГц). Во всем мире принято, что этот диапазон относится к безлицензионному стандарту ISM (ПНМ – промышленность, наука, медицина). Практически это означает, что оборудование, работающее в этом диапазоне до мощности передатчика 100 мВт, не требует получения лицензии или согласования применения.

Основной областью применения ZigBee/IEEE 802.15.4 является передача информации от движущихся и вращающихся частей механизмов (конвейеров, роботов), промышленные системы управления и мониторинга, беспроводные сети датчиков, отслеживание маршрутов движения и местоположения имущества и инвентаря, системы охраны.

В отличие от других беспроводных технологий, где ставится задача обеспечить высокую скорость передачи, большую дальность или высокое качество обслуживания, ZigBee/IEEE 802.15.4 создавался изначально по критериям малой дальности действия, низкой цены, низкой потребляемой мощности, низкой скорости передачи и малых габаритов.

Эти свойства идеально соответствуют требованиям к большинству промышленных датчиков.

Поэтому ZigBee часто отождествляют с промышленными беспроводными сенсорными сетями WSN (Wireless Sensor Network).

Останавливаясь на применении стандарта ZigBee/IEEE 802.15.4 следует рассмотреть более подробно отдельные компоненты проектируемой системы. Микросхемы трансиверов ZigBee многочисленны, некоторые хорошо документированы, и все требуют печатных плат с очень жесткими параметрами по размерам и технологии изготовления, т.е. практически габариты печатной платы (пусть и небольшие) изменить невозможно.

Невозможно изменить и габариты источников питания – это наборы стандартных батарей или аккумуляторов.

Единственное, что можно изменять в некоторых пределах – это габариты антенн.

С изменением типа антенн возникают вопросы – насколько хорошо работают пары однотипных и разнотипных антенн с изменением расстояний между узлами сети ZigBee. Собственно этому вопросу и посвящена данная статья.

Логическая структура системы

Испытаниям подвергалась классическая сеть системы ZigBee типа «звезда», состоящая из узла-координатора NODE_0 и четырех оконечных узлов NODE_1.. NODE_4.

Все узлы построены на базе трансиверов типа CC2520 и МК типа STM32F100RC. Программы также примерно одинаковы, за исключением того, что NODE_0 периодически (1 раз в секунду) посылает команду управления в один из узлов NODE_1.. NODE_4, ожидает ответ от соответствующего узла определенное время, при получении ответа, оценивает значение RSSI и выдает его в PC. Мощность всех передатчиков = 1 мВт (0 dBm).

Если ответ не получен, то координатор выбирает следующий узел из NODE_1.. NODE_4. Если ответ получен, то проверяется его соответствие посланной команде. Таким образом, в собранную статистику попали только «правильные» сеансы связи (рис. 1).

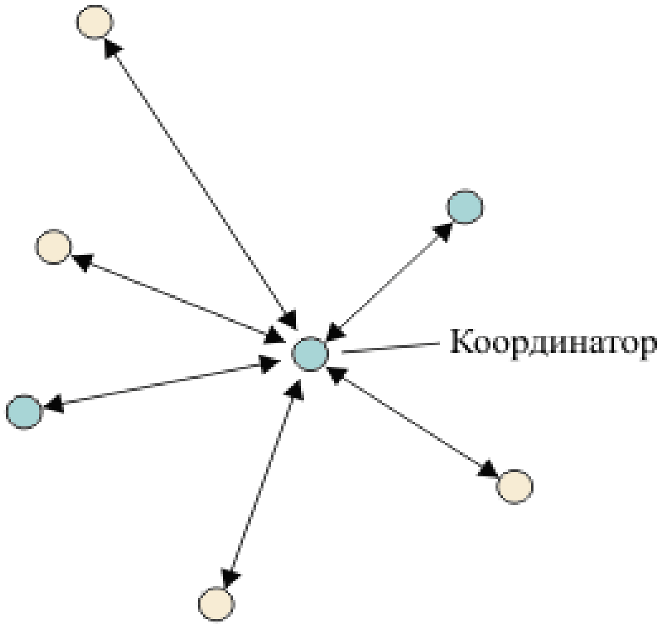


Рисунок 1 – Топология испытываемой системы

Каждая структура (фрейм данных), выдаваемая NODE_0, имела следующий вид (табл. 1).

Таблица 1 – Формат фрейма данных по стандарту IEEE 802.15.4

Преамбула	Старт	Длина	Управление	Номер посылки	Адреса сети, источника, приемника	Данные команды	RSSI + КС
4 байта	1 байт	1 байт	2 байта	1 байт	6 байт	3 байта	2 байта

Каждая структура (фрейм подтверждения), выдаваемая NODE_1/2/3/4, имела следующий вид (табл. 2).

Таблица 2 – Формат фрейма подтверждения

Преамбула	Старт	Длина	Управление	Номер посылки	Состояние узла	RSSI + КС
4 байта	1 байт	1 байт	2 байта	1 байт	1 байта	2 байта

Следует заметить, что значения RSSI (т.е. мощности принятого сигнала) не посылается, а измеряется на приемнике, т.е. во фрейме данных значение RSSI включается в структуру NODE_1.. NODE_4 после приема структуры от NODE_0. Аналогично, на узле NODE_0 RSSI включается в структуру после приема структуры подтверждения от NODE_1.. NODE_4. Фрейм подтверждения имеет не совсем стандартный вид для того, чтобы можно было посылать не только команды управления и получать их подтверждение получения, но и посылать информационные команды, которые запрашивают текущее состояние узла, но не несут управляющей информации.

Физическое окружение экспериментов

Все эксперименты проводились в одном и том же помещении, примерно в одно время, когда работали несколько компьютеров и несколько «мышей» с радиоканалом 2,4 ГГц. В горизонтальном плане все узлы системы во всех экспериментах располагались практически на одной линии с угловым отклонением ± 5°. Все узлы сети располагались на уровне 0,75 м от пола. Вертикальный разрез помещения показан на рис. 2 ниже с размерами между точками замеров.

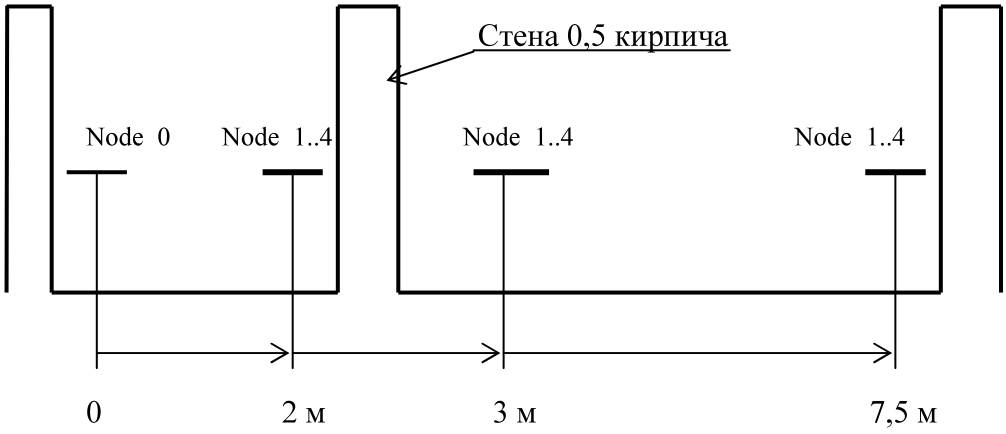


Рисунок 2 – Вертикальный разрез помещения и схема размещения узлов сети

Следует заметить, что попытки связать спектр излучения с измерениями RSSI не дали положительных результатов, т.к. анализатор выдавал спектр диапазона 2,4 ГГц в данной точке пространства и на данном отрезке времени без разделения по источникам. Проводить эксперименты в изолированном от помех и посторонних источников месте не представляется возможным.

Результаты экспериментов

Эксперименты проводились для следующих типов антенн, характерных для диапазона 2,4 ГГц и пригодных для установки на подвижном объекте:

– тип 1 – диполь 1/1λ (11,6 см);
– тип 2 – биквадрат со стороной 2,8 см;
– тип 3 – F антенна [3].

Каждый эксперимент включает в себя измерения для трех расстояний, на каждом расстоянии делается не менее 50 измерений RSSI, т.е. делается 50 посылок данных, ожидается получение 50 подтверждений.

Условия эксперимента №1: на Node_0 – биквадрат со стороной 28 мм горизонтально, частота 2506 МГц, мощность каждого из передатчиков 1 мВт (0 dBm)

	Тип антенны	L = 2 м	L = 3 м	L = 7,5 м
Node_1	диполь 1/1λ	13 dBm	-5 dBm	-17 dBm
Node_2	Биквадрат 28	10 dBm	-1 dBm	-10 dBm
Node_3	F антенна	10 dBm	-1 dBm	- 8 dBm
Node_4	F антенна	7 dBm	-10 dBm	-12 dBm

Условия эксперимента №2: на Node_0 – F антенна горизонтально, частота 2506 МГц, мощность каждого из передатчиков 1 мВт (0 dBm)

	Тип антенны	L = 2 м	L = 3 м	L = 7,5 м
Node_1	диполь 1/1λ	15 dBm	0 dBm	-22 dBm
Node_2	Биквадрат 28	6 dBm	-7 dBm	-14 dBm
Node_3	F антенна	10 dBm	-11 dBm	-21 dBm
Node_4	F антенна	7 dBm	-14 dBm	-24 dBm

Условия эксперимента №3: на Node_0 – F антенна вертикально, частота 2506 МГц, мощность каждого из передатчиков 1 мВт (0 dBm)

	Тип антенны	L = 2 м	L = 3 м	L = 7,5 м
Node_1	диполь 1/1λ	8 dBm	- 15 dBm	- 20 dBm
Node_2	Биквадрат 28	4 dBm	- 8 dBm	- 23 dBm
Node_3	F антенна	2 dBm	- 11 dBm	- 19 dBm
Node_4	F антенна	3 dBm	- 17 dBm	- 20 dBm

Здесь не приводятся данные по результатам экспериментов с поворотами антенн на разные углы, можно только отметить, что в экспериментах для биквадратных антенн наблюдались значительные отклонения как в большую, так и меньшую стороны значений RSSI. Однако однозначно связывать эти результаты с типами антенн некорректно. Некорректно потому, что биквадратные антенны как правило, применяются в направленных антеннах, но в данных экспериментах рефлекторы не применялись. Соответственно, говорить в каждом конкретном случае, что работало рефлектором, не представляется возможным.

Выводы

1. Для данной задачи – поддержания связи в беспроводной сенсорной сети для нескольких подвижных узлов (людей) и стационарного, неподвижного узла-координатора с мощностями передатчиков до 5 мВт и расстоянием между объектами 2 – 20 м в помещении достаточно F антенн.

2. Приемлемое значение RSSI должно лежать в пределах 1..-15 dBm. Более 1 dBm – мощность передатчика можно понизить, менее -15 dBm – мощность передатчика следует увеличить.

3. Абсолютное значение RSSI на отдельно взятом приемнике мало что говорит – эта величина зависит от многих, в том числе внешних, неизвестных факторов. Но значение RSSI, взятое несколько раз подряд (не менее 5), и усредненное – позволяет судить об уровне сигнала и применять восстановление потерянных данных.

4. Если практически одновременно работает несколько трансиверов – узлов на один координатор, то на стороне координатора можно производить усреднение RSSI по числу приемников, а не по времени получения для одного приемника.

5. Значение RSSI можно использовать для определения работоспособности нового (тестируемого) трансивера в сравнении со старыми трансиверами, если новый будет работать совместно со старыми, проверенными трансиверами.

6. Чем выше значение RSSI, тем большего размера пакет можно передавать – он не потребует повторной передачи.

7. Чем ниже значение RSSI, тем короче должен быть пакет передачи – при потере пакета останется время для его повторной передачи.

Литература

1. SWRS068. CC2520 DATASHEET - 2.4 GHZ IEEE 802.15.4/ZIGBEE® RF TRANSCEIVER [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ti.com/wireless.
2. RM0041. Reference manual. STM32F100xx advanced ARM-based 32-bit MCUs. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.st.com.
3. SWRU120B. 2.4 GHz Inverted F Antenna. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ti.com/wireless.

Literatura

1. SWRS068. CC2520 DATASHEET - 2.4 GHZ IEEE 802.15.4/ZIGBEE® RF TRANSCEIVER [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ti.com/wireless.
2. RM0041. Reference manual. STM32F100xx advanced ARM-based 32-bit MCUs. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.st.com.
3. SWRU120B. 2.4 GHz Inverted F Antenna. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ti.com/wireless.

RESUME

S.A. Polivtsev, H.S. Thsibulnik, V.V. Kobiliakov

Optimisation of a Choice of the Aerial for a Wireless Touch Network of a Range of 2,4 GHz

For a problem of maintenance of communication in a wireless touch network for several mobile knots (people) and stationary, motionless knot - the co-ordinator with capacities of transmitters to 5 мВт and distance between objects of 2-20 m in enough F aerials. Comprehensible value RSSI should lie within 1.-15 dBm. More than 1 dBm – capacity of the transmitter can be lowered, less -15 dBm capacity of the transmitter should be increased.

On separately taken receiver a little that tells absolute value RSSI – this size depends on many, including external, unknown factors. But value RSSI taken some times success-sively (not less than 5) and averaged – allows to judge level of a signal and to apply restoration of the lost data.

If practically some transceivers – knots on one co-ordinator on the party of the co-ordinator it is possible to make averaging RSSI on number of receivers, instead of on time of reception for one receiver simultaneously work. Value RSSI can be used for definition of working capacity of the new (tested) transceiver in comparison with old transceivers if the new works in common with the old, checked up transceivers.

Статья поступила в редакцию 03.07.2013.